

П. А. Крапивина^{*}, М. А. Гервасьев

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

^{*} e-burg96_polina@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВАЛКОВ СТАНОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ НА ИХ МИКРОСТРУКТУРУ И СВОЙСТВА

В данной статье исследовано влияние предварительной термической обработки на микроструктуру и механические свойства высоколегированной валковой стали типа 75ХМФ. На образцах с пробы послековки и на образцах после термической обработки был произведен ряд механических испытаний. Повышенные показатели ударной вязкости, относительного сужения и запаса прочности на образцах после термической обработки обусловлены получением наклепанного поверхностного слоя и мелкого зерна на глубину 3,5 мм в процессе термоциклирования.

Ключевые слова: высоколегированная сталь, фазовый состав, термическая обработка, прокатный валок, микроструктура.

P. A. Krapivina, M. A. Gervasyev

EFFECT OF HEAT TREATMENT OF ROLLS OF COLD ROLLING MILLS ON THEIR MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES

In this paper, the influence of preliminary heat treatment on the microstructure and mechanical properties of high-alloy roll steel of the type 1,2067 is studied. On samples from the sample after forging and on the samples after heat treatment a number of mechanical tests were carried out. The increased indexes of impact strength, relative narrowing and safety factor on the samples after heat treatment are due to the formation of a hardened surface layer and fine grains to a depth of 3,5 mm during thermal cycling.

Keywords: high-alloy steel, phase composition, heat treatment, rolling mill, microstructure.

Прокатные валки в процессе своей работы берут на себя значительное усилие, которое возникает непосредственно в процессе работы всей прокатной линии. Материал валков должен обладать высокой закаливаемостью и прокаливаемостью, гарантированной твердостью, стойкостью к износу и контактному выкрашиванию. Качество, надежность, и долговечность валков является решающими факторами,

определяющими качество продукции и производительность прокатных станов [1].

К изготовлению валков холодной прокатки предъявляется ряд требований:

- высокая и равномерная твердость поверхности, что обеспечивает высокое качество прокатываемого материала;
- соответствующая контактная прочность рабочего слоя, стойкость против образования поверхностных дефектов – трещин, отслоений, выкрошек;
- высокая прокаливаемость, необходимая для получения определенной глубины закаленного слоя;
- высокая износостойкость рабочего слоя;
- высокая теплостойкость (до 350–400 °С) при общем и локальном разогреве;
- благоприятное распределение и минимальная величина остаточных напряжений по всему сечению валка после закалки и отпуска;
- отсутствие флокенов, грубых скоплений карбидов, карбидной сетки, крупногольчатого мартенсита и других дефектов макро- и микроструктуры [2].

Для улучшения эксплуатационных характеристик (износостойкости, прочности к ударным нагрузкам) назначаются оптимальные режимы термообработки. В настоящее время термообработка валковых заготовок состоит из следующих этапов:

1. Первичная термическая обработка, включающая в себя операции противфлокеной обработки, отжига или нормализации с отпуском;
2. Вторичная термическая обработка, включающая в себя нормализацию и отпуск;
3. Окончательная термическая обработка, представляющая собой высокочастотную поверхностную закалку ТПЧ (токами промышленной частоты), обеспечивающую прокатным валкам необходимые механические свойства.

Рассмотрим режимы термической обработки валков из стали 75ХМФ (химический состав приведен в табл. 1) [3]. Для исследования в качестве образца был взят пробник от валка холодной прокатки послековки.

Таблица 1

Химический состав стали 75ХМФ

| Маркировка стали | Содержание элементов, % | | | | | | | |
|------------------|-------------------------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| | C | Si | Mn | S | P | Cr | V | Mo |
| 75ХМФ | 0,74 | 0,44 | 0,43 | 0,009 | 0,019 | 1,49 | 0,06 | 0,14 |

Предварительная термическая обработка направлена на полную ликвидацию остатков карбидной сетки, измельчению карбидной фазы и образованию структуры зернистого и сорбитообразного перлита. Противофлокенная обработка, входящая в режим первичной термообработки, позволяет уменьшить склонность металла к образованию флокенов.

Несмотря на то, что необходимые эксплуатационные свойства валков (высокая поверхностная твердость, износостойкость, контактно-усталостная прочность и долговечность) формируются в процессе окончательной термической обработки, роль предварительной термической обработки также достаточно велика.

Первая нормализация при высокой температуре способствует растворению карбидной сетки, вторая нормализация при низкой температуре устраняет перегрев и измельчает структуру. Кроме того, такой режим способствует повышению предела текучести стали, обеспечивает высокий уровень пластичности, но несколько пониженный уровень прочности и ударной вязкости. Температура отпуска назначается ниже температуры критической точки A_{c1} . При такой температуре высокого отпуска образуется структура сорбита и зернистого перлита.

Режим вторичной термообработки представляет собой операции нормализации и отпуска. Проводимая нормализация с отпуском обеспечивает высокое значение предела текучести, но понижает пластичность и вязкость. Значение твердости соответствует интервалу 285-330 НВ. Нормализация, обеспечивая дисперсную структуру, создает более благоприятные условия для фазовых превращений при последующей закалке ТПЧ, чем улучшение (закалка + отпуск).

Поверхностная закалка токами промышленной частоты обладает рядом существенных преимуществ. Так, закалка с нагревом ТПЧ по сравнению с печным нагревом обеспечивает более высокую поверхностную твердость бочки и большую глубину активного слоя, способствует значительному увеличению производительности операции закалки (в 5–10 раз), исключает операцию сборки валков и теплоизоляцию шеек, позволяет в условиях эксплуатации подвергать изношенные валки повторной закалке.

Рассмотрим более детально предварительную термическую обработку валков из стали 75ХМФ и ее влияние на структуру материала. С пробника от валка холодной прокатки послековки был вырезан темплет для макро- и микроанализа, а также заготовки для термоциклической обработки, состоящей из следующих режимов:

- нагрев до температуры 1200 °С;
- выдержка при температуре 1200 °С в течение 2 часов;
- охлаждение на воздухе до температуры 400 °С;
- нагрев до температуры 880 °С;

- охлаждение на воздухе до температуры 400 °С;
- нагрев до температуры 880 °С;
- охлаждение на воздухе до температуры 400 °С;
- нагрев до температуры 880 °С;
- охлаждение на воздухе до температуры 400 °С;
- посадка в печь при температуре 350 °С;
- выдержка при температуре 350 °С 1 час;
- охлаждение с печью.

Микроанализ проводился с помощью металлографических микроскопов. Оценка микроструктуры проводилась на образцах, протравленных 5 %-ым спиртовым раствором азотной кислоты, согласно ГОСТ 8233–56. Результаты оценки микроструктуры и балла действительного зерна представлены в табл. 2 и на рис. а, б.

Таблица 2

Результаты оценки микроструктуры

| Образцы | Фазовый состав | Балл действительного зерна |
|--|--|--|
| На образцах с темплета | Перлит сорбитообразный бесструктурный и пластинчатый + карбиды | 4–6 |
| На заготовках после термоциклической обработки | Перлит сорбитообразный и зернистый + сорбит + карбиды | От поверхности на глубину 3,5 мм 8–9, в центре 6 |

На основании полученных данных можно сделать вывод, что в процессе термоциклической обработки на образцах произошел фазовый наклеп и измельчение действительного зерна. Глубина наклепанного слоя 3,5 мм.

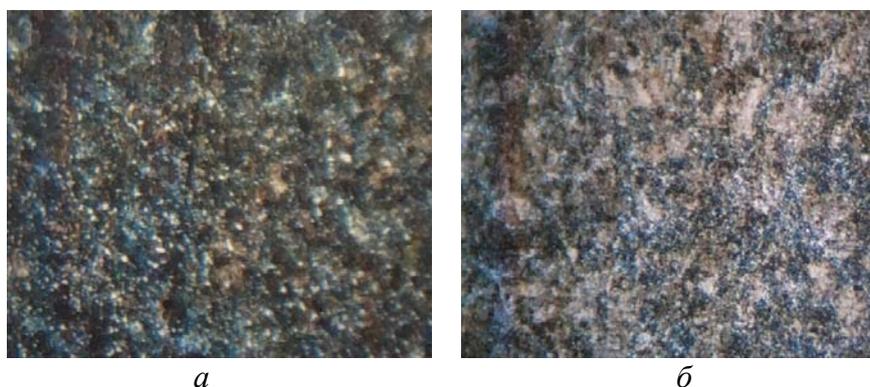


Рис. Микроструктура образца из стали 75ХМФ в исходном состоянии (а) и после термоциклирования (б) ($\times 500$)

На образцах с пробы послековки и на образцах после термической обработки были произведены механические испытания. Результаты механических испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты механических испытаний

| Образцы | Временное сопротивление σ_v , МПа | Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа | Запас прочности | Относительное удлинение, % | Относительное сужение, % | Твердость, НВ | Ударная вязкость, Дж/см ² |
|-------------------------------------|--|--|-----------------|----------------------------|--------------------------|---------------|--------------------------------------|
| На образцах с темплета | 1160 | 730 | 0,63 | 8 | 40 | 350 | 57 |
| На образцах после т/о в лаборатории | 880 | 650 | 0,74 | 12 | 60 | 290 | 107 |

Повышенные показатели ударной вязкости, относительного сужения и запаса прочности на образцах после термической обработки обусловлены получением наклепанного поверхностного слоя и мелкого зерна (балл 8–9) на глубину 3,5 мм в процессе термоциклирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Термическая обработка валков холодной прокатки / М. В. Геденон [и др.]. Москва : Металлургия, 1973. 344 с.
2. Третьяков А. В. Валки обжимных, сортовых и листовых станов / А. В. Третьяков. Москва : Интермет Инжиниринг, 1999. 80 с.
3. Сорокин В. Г. Стали и сплавы. Марочник: справ. изд. / В. Г. Сорокин, М. А. Гервасьев. Москва : Интермет Инжиниринг, 2001. 382 с.